

DURABILITY OF BRIQUETTES FROM THE STRAW INTENDED ON THE FUEL, OBTAINED WITH THE METHOD OF CURLING

Summary

Durable agglomerates created from the straw by curling it in the cylindrical briquetting machine, intended to the combustion in low-power boiler rooms, should be of large cohesion. This feature of straw-briquettes is also important for the necessity of their long-lasting storage and the transportation from the place of their storage to the boiler room. This feature is determined as a durability of briquettes. Under this notion one ought understand briquette's resistance on the uncoiling and spalling. A numerical quantity of this resistance is the coefficient of the durability of the briquette. To the factors having the influence on the durability of briquettes belong the degree of their condensation as well as irrational values such as: the manner of their displacement and real charges caused by different conditions of their transportation. The work contains the findings concerning the influence of the consistence of briquettes on their durability.

TRWAŁOŚĆ BRYKIETÓW ZE SŁOMY PRZEZNACZONEJ NA OPAŁ, UZYSKANYCH METODĄ ZWIJANIA^{1/}

Streszczenie

Trwałe aglomeraty tworzone ze słomy, poprzez jej zwijanie w brykieciarce walcowej, przeznaczone do spalania w kotłowniach małej mocy, powinny wykazywać się dużą spójnością. Ta cecha słomianych brykietów jest także istotna ze względu na konieczność ich długotrwałego przechowywania i transportu z miejsca ich przechowywania do kotłowni. Cechę tę określa się mianem trwałości brykietów. Pod pojęciem trwałości brykietu należy więc rozumieć jego odporność na rozwijanie się i okruszenie. Wielkością liczbową określającą tę odporność jest współczynnik trwałości brykietu. Do czynników mających wpływ na trwałość brykietów należy zaliczyć stopień ich zagęszczenia, jak również wartości niewymierne, takie jak: sposób ich przemieszczania i rzeczywiste obciążenia wywołane różnymi warunkami ich transportu. Praca zawiera wyniki badań wpływu stopnia zagęszczenia brykietów na ich trwałość.

1. Wprowadzenie

Prace nad zapewnieniem samowystarczalności wiejskich gospodarstw przydomowych, pod względem energetycznym, stają się obecnie jednym z głównych kierunków rozwoju techniki grzewczej. Powszechna elektryfikacja, która dokonana się w Polsce w połowie XX wieku, w znacznym stopniu zaspokoiła rosnące potrzeby energetyczne wsi i małych miasteczek. Ponadto, ze względu na ciągłe rosnącą mechanizację i automatyzację prac wykonywanych w gospodarstwach rolnych, wieś stała się znaczącym odbiorcą paliw płynnych i węgla. Tymczasem w kraju produkuje się słomę w ilości 21 do 28 milionów ton rocznie [Dreszer i in. 2003], z czego od 10 do 12 milionów ton jest niewykorzystanych dla jakiegokolwiek celu. Stanowi to ok. 10% rocznego (2005 r.) wydobycia węgla w Polsce. Zakładając współczynnik 0,7, oznaczający stosunek wartości opałowej słomy do węgla kamiennego, można wnioskować, że niewykorzystana słoma stanowi równowartość 7 do 8,4 mln ton węgla. Chcąc choć część tej słomy wykorzystać dla celów grzewczych, należy ją odpowiednio przygotować - poprzez jej zagęszczenie i podzielenie na odpowiednie kęsy - brykiety.

W Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu opracowano metodę tworzenia trwałych aglomera-

tów ze słomy poprzez jej zwijanie w brykieciarce walcowej, o walcach stożkowych. Spójność tworzonego tą metodą brykietu wynika głównie z włóknistej struktury materiału [Hejft 1994, Kęska i in. 2005]. Wytworzone brykiety muszą charakteryzować się dużą trwałością. Jest to powodowane wieloma operacjami transportowo-przeładunkowymi, jakie musi przejść każdy aglomerat oraz długim okresem przechowywania w miejscach składowania, zanim trafi do paleniska pieca. Spójność i odporność na rozwijanie się brykietów oraz ich podatność na okruszenie określa współczynnik ich trwałości [Olszewski 1973].

Współczynnik trwałości brykietu pozwala wyłącznie na porównanie jakościowe brykietów wykonanych w różnych warunkach bezpośrednio po ich wytworzeniu. Oszacowanie trwałości brykietów osiąganey w praktyce jest bardzo trudne, bowiem ich trwałość, jak już wspomniano, zależy w dużym stopniu od sposobu ich przemieszczania i od rzeczywistego obciążenia, wywołanego różnymi warunkami transportu, rozładunku, składowania, manipulacji, dozowania itp.

Z przeglądu dostępnej literatury można wywnioskować, iż zasadniczy wpływ na trwałość brykietów wykonanych z siana i zielonki metodą zwijania ma stopień ich zagęszczenia [Olszewski 1973]. Hipoteza ta w odniesieniu do słomy pszennej zostanie zweryfikowane w tej pracy.

1/ Praca zrealizowana w ramach własnego projektu badawczego nr 4T07C 021 27 finansowanego przez Ministra Nauki i Informatyzacji



Rys. 1. Stanowisko do wyznaczania trwałości brykietów:

1 - bęben prostopadłościenny, 2 - silnik napędowy, 3 - licznik obrotów, 4 - kosz zsypowy, 5 - kuweta, 6 - badane brykiety, 7 - okruszyny

Fig. 1. The workplace for determining the durability of briquettes

2. Cel i zakres badań

Celem przeprowadzonych badań było określenie trwałości brykietów wykonanych ze słomy pszennej, a będących produktem końcowym procesu brykietowania słomy metodą zwijania.

Podczas badań dokonywano pomiarów:

- wilgotności słomy i brykietów – metodą suszarkową,
- masy brykieta przed i po próbie trwałości,
- średnicy brykieta przed i po próbie trwałości.

Do badań wykorzystano brykiety o czterech różnych stopniach zagęszczenia, wykonane na stanowisku laboratoryjnym do badania energooszczędnego procesu zagęszczania słomy metodą zwijania [Adamczyk i in. 2004, 2006].

3. Stanowisko badawcze

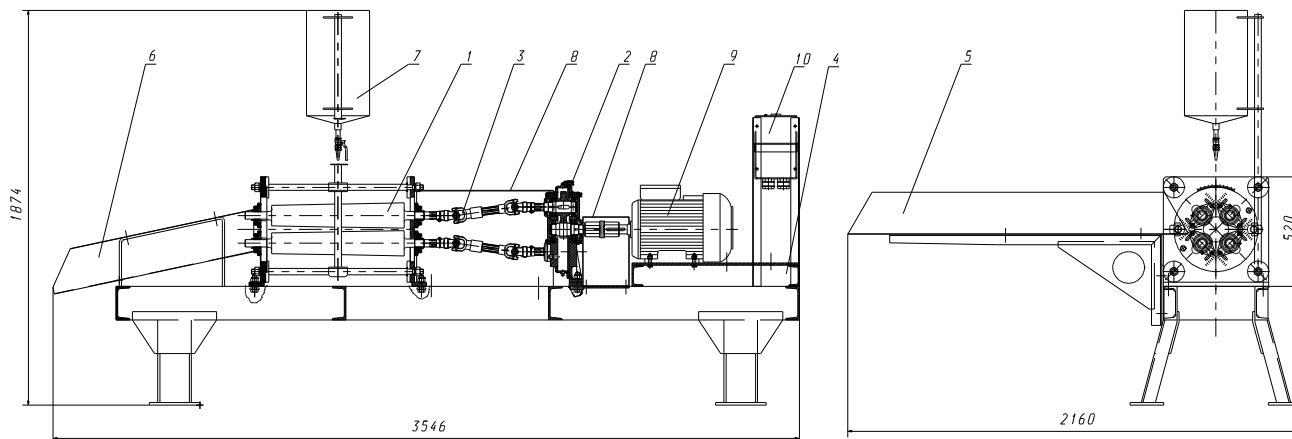
Stanowisko do badania trwałości brykietów (rys. 1) składa się z bębna w kształcie prostopadłościanu, o wymiarach zewnętrznych 300×300×460 mm, którego ścianki stanowi siatka o wymiarach oczek 12×12 mm. Wał napędowy przechodzi przez przekątną oś tego prostopadłościanu i ułożyskowany jest w ramie urządzenia. Na jednej ze szczytowych ścian bębna zamocowane są drzwiczki do wkładania i wyjmowania brykietów. Wał napędowy napędzany jest ze stałą prędkością 20 obr·min⁻¹ silnikiem elektrycznym, o mocy 0,3 kW, poprzez reduktor obrotów i przekładnię pasową. Na wale napędowym znajduje się także koło łańcuchowe napędzające, poprzez przekładnię łań-

cuchową, licznik obrotów typu SP-3. Okruszyny, żdźbła i odpady z brykietów spadają na podstawioną pod bębniem kuwetę. Właściwe ukierunkowanie spadającym okruszynom nadaje kosz zsypowy, zamontowany do ramy urządzenia.

4. Przebieg badań

Wytworzony przez maszynę brykietującą, dla jej określonych nastaw, walec słomy cięto na brykiety o długości ok. 250 mm a następnie ważono na wadze laboratoryjnej WS-21 i określano ich wymiary geometryczne, oraz wyznaczano stopień ich zagęszczenia. Losowo wybierano cztery brykiety powstałe z jednego walca. Jeden umieszczano w suszarce laboratoryjnej wyznaczając jego wilgotność. Pozostałe brykiety umieszczano w bębnie stanowiska do badania trwałości brykietów. Zabezpieczano drzwiczki bębna przed niekontrolowanym otwarciem i uruchamiano stanowisko. Wszystkie próby trwałości przeprowadzono przy stałej prędkości obrotowej bębna okruszającego brykiet, tj. 20 obr·min⁻¹.

Po upływie 5 minut stanowisko wyłączano, otwierano drzwiczki bębna, wyjmowano brykiety, ważono na wadze laboratoryjnej i mierzono ich wymiary geometryczne. Resztki słomy wyjmowano z bębna i umieszczano w pustym pojemniku o znanej masie, do którego następnie dosypywano resztki zgromadzone na kuwecie. Resztki wraz z pojemnikiem ważono i obliczano ich masę.



Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego do badania procesu zagęszczania słomy metoda zwijania; 1 – segment rolujący, 2 – przekładnia wielodrożna, 3 – wały przegubowo – teleskopowe, 4 – podstawa, 5 – stół podający, 6 – stół odbierający, 7 – zbiornik z lepiszczem, 8 – osłony zabezpieczające, 9 – silnik elektryczny, 10 – instalacja elektryczna
 Fig. 2. The scheme of the test stand to the research of the process of the inspissation of the straw with the method of curling

Współczynniki trwałości brykietów Ψ wyznaczano z następującej zależności [Olszewski 1973]:

$$\Psi = \frac{G_{br}}{G_b},$$

gdzie:

G_{br} – masa brykietu po próbie trwałości, w [kg],

G_b – masa brykietu przed próbą trwałości, w [kg].

Natomiast straty okruszania brykietów S_{ob} wyznaczono jako odwrotność współczynnika trwałości brykietów Ψ .

$$S_{ob} = (1 - \Psi) \cdot 100 \quad [\%].$$

Brykietowanie słomy pszenicznej prowadzono na stanowisku laboratoryjnym (rys. 2). Zmiennym parametrem procesu brykietowania był kąt skreślenia osi wałców brykietujących względem osi komory brykietowania, realizowany poprzez skreślenie płyty łożyskowej, w której zostały ułożyskowane walce brykietujące. Proces brykietowania prowadzono dla czterech kątów skreślenia płyty łożyskowej β odpowiednio: 0° (osie wałców brykietujących równoległe z osią komory brykietowania), 5° , 10° , 20° . Badanie trwałości powtarzano po pięć razy dla brykietów uzyskanych z każdej ze wspomnianych wcześniej czterech nastaw stanowiska laboratoryjnego. Wilgotność słomy i uzyskanych z niej brykietów określano metodą suszarkową, korzystając z suszarki laboratoryjnej i wagi laboratoryjnej WS-21. Wcześniejsze badania wykazały, że wilgotność słomy, przeznaczonej do zagęszczania metodą zwijania, powinna zawierać się pomiędzy 15-25%. Słoma o mniejszej wilgotności wykazuje się znaczną łamliwością i kruchością, co utrudniało jej zwijanie i zagęszczanie (brykiety wykazywały tendencję do odzyskiwania pierwotnego kształtu). Słoma o dużej wilgotności zagęszczała się bardzo dobrze, ale w czasie składowania będzie miała tendencje do butwienia, gnicia i kompostowania. [Adamczyk i in. 2005].

Wilgotność słomy przeznaczonej do zagęszczania zawierała się pomiędzy 18-20%. Wilgotność uzyskanych brykietów zawierała się w przedziale 16-18%.

5. Dyskusja wyników

Przeanalizowano wpływ stopnia zagęszczania słomy w brykietcie uzyskiwanego poprzez zmianę nastaw maszyny brykietującej na trwałość uzyskiwanych brykietów. Wyznaczono także straty okruszania badanych brykietów.

5.1. Wpływ stopnia zagęszczania brykietów Δ na współczynnik ich trwałości Ψ

Zależność współczynnika trwałości wykonanych brykietów od stopnia ich zagęszczania, sporządzoną na podstawie wyliczonych średnich danych, przedstawia (rys. 3). Różny stopień zagęszczania uzyskiwano drogą zmiany kąta skreślenia płyty łożyskowej β .

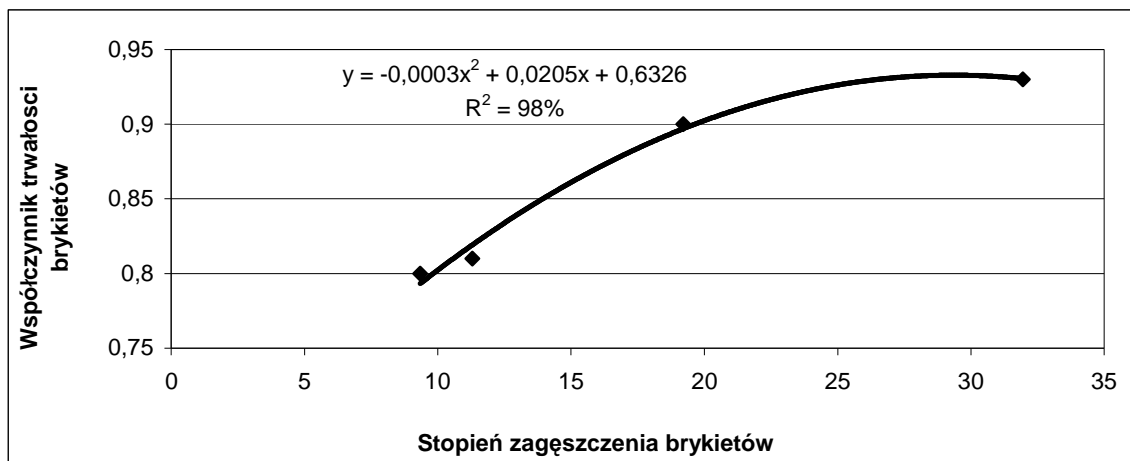
W tab. 1 przedstawiono średnie wartości stopnia zagęszczania brykietów Δ , współczynnika trwałości brykietów Ψ i strat okruszania brykietów S uzyskane dla różnych kątów skreślenia płyty łożyskowej β . Analizując przebieg wpływu stopnia zagęszczania brykietów na średni współczynnik ich trwałości, można stwierdzić, że ze wzrostem zagęszczania brykietów wzrasta ich trwałość. Jak wynika z przedstawionych rezultatów badań najwyższy średni współczynnik trwałości ($\Psi = 0,93$) uzyskują brykiety o stopniu zagęszczania 31,95.

5.2. Straty okruszania słomy podczas badania trwałości brykietów

Podczas badania trwałości brykietów występuje zjawisko obłamywania i okruszania źdźbeł tworzących brykiet oraz częściowe jego rozwijanie, rozluźnianie się. Część tych źdźbeł poprzez otwory w ścianach bębna (rys. 1) spada do znajdującej się pod nim kuwety, a część zostaje wewnątrz bębna. Określając straty okruszania brykietów sumowano obie części okruszyn. Wyznaczone wielkości mają jedynie charakter porównawczy i nie stanowią wartości bezwzględnych. Wielkość strat spowodowanych okruszaniem (w procentach) liści i łodyg, w czasie badania trwałości, przedstawiono w tab. 1.

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że ze wzrostem stopnia zagęszczania brykietów straty okruszania podczas próby brykietowania maleją.

Aby zmniejszyć straty okruszania brykietów ze słomy, które w praktyce będą generowane przez operacje transportowo-przeładunkowe oraz długotrwałe przechowywanie należałoby je zabezpieczać. Zabezpieczeniem brykietu może być owijanie go sznurkiem na wzór owijana beli zwijanej ze słomy, czy też umieszczania w różnego rodzaju osłonkach jak np.: siatki, czy torebki itp.



Rys. 3. Wpływ stopnia zagęszczenia brykietów Δ na ich współczynnik trwałości Ψ

Fig. 3. The influence of the consistence of briquettes Δ on their coefficient of the durability Ψ

Tab. 1. Stopień zagęszczenia, współczynnik trwałości i straty okruszania brykietów wytworzonych metodą zwijania z nie pociętej słomy

Tab.1. The consistence, the coefficient of the durability and the loss of spalled fragments of briquettes produced with the method of curling of not cut up straw

Lp.	Wyszczególnienie			
	Kąt skrócenia płyty łóżyskowej β	Stopień zagęszczenia brykietów Δ	Współczynnik trwałości brykietów Ψ [%]	Straty okruszania brykietów S
	[$^{\circ}$]	[1]	[1]	[%]
1.	0	11,29	0,81	19
2.	5	31,95	0,93	7
3.	10	19,22	0,90	10
4.	20	9,34	0,80	20

6. Podsumowanie i wnioski

Wykonane metodą zwijania brykiety z nie pociętej słomy pszennej, mające służyć jako surowiec opałowy dla przydomowych kotłowni muszą wykazywać się znaczną trwałością. Badania brykietów pokazały, że dla odpowiednich nastaw zespołu brykietującego można oczekiwaną trwałość uzyskać. Analizując wpływ stopnia zagęszczenia brykietów na średni współczynnik ich trwałości można wysnuć następujące wnioski:

1. Stopień zagęszczenia brykietów znacząco wpływa na współczynnik ich trwałości; ze wzrostem stopnia zagęszczenia brykietów wzrasta ich trwałość. Jak wynika z przedstawionych rezultatów badań najwyższy średni współczynnik trwałości ($\psi = 0,93$) uzyskują brykiety o stopniu zagęszczenia 31,95;
2. Znajomość współczynnika trwałości brykiety pozwala wyłącznie na porównanie jakościowe brykietów wykonanych w różnych warunkach; nie pozwala natomiast na oszacowanie trwałości osiąganey w praktyce, bowiem stan brykietów zależy w dużym stopniu od sposobu ich przemieszczania i od rzeczywistego obciążenia, wywołanego różnymi warunkami transportu, rozładunku, składowania, manipulacji, dozowania itp.;
3. Straty okruszania brykietów, w praktyce, generowane są głównie przez operacje transportowo-przeładunkowe oraz długotrwałe przechowywanie. Zabezpieczeniem brykiety przed tymi stratami, czyli przed jego destrukcją może być np. owijanie go sznurkiem na wzór owijana

beli zwijanej ze słomy czy też umieszczania w różnego rodzaju osłonkach jak np.: siatki i torebki.

7. Literatura

- [1] Adamczyk F., Kośmicki Z., Mielec K. (2004) Energooszczędny proces zagęszczania słomy do spalania w kotłowniach małej mocy. Zadanie 1. Program i metodyka badań. Nr projektu badawczego: 4T07C 021 27
- [2] Adamczyk F., Frąckowiak P., Kośmicki Z., Mielec K. (2005): Conception of inspissation of the straw intended on the fuel by its curling. J. of Res. and Appl. Agric Eng. vol. 50(4). s. 4 – 7.
- [3] Adamczyk F., Frąckowiak P., Kośmicki Z., Mielec K., Jan-kowiak St., Zielnica M. (2006) Energooszczędny proces zagęszczania słomy do spalania w kotłowniach małej mocy. Zadanie 4 i 5. Badania laboratoryjne i zasadnicze. Matematyczne opracowanie wyników. Nr projektu badawczego: 4T07C 021 27
- [4] Dreszer K., Michałek R., Roszkowski A., (2003) Energia odnawialna-możliwości jej pozyskania i wykorzystania w rolnictwie. Wyd.: Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej.
- [5] Hejft R., (1994) Słoma jako surowiec energetyczny. Problemy Inżynierii Rolniczej 2/94, s. 65 – 71
- [6] Kęska W., Kośmicki Z., Mielec K.,(2005) Matematyczne modelowanie brykietowania słomy metoda zwijania. VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Teoretyczne i aplikacyjne problemy inżynierii rolniczej. Wrocław – Polanica Zdrój 21 – 24 VI 2005, s. 275 – 278
- [7] Olszewski T. (1973) Dobór optymalnych parametrów zespołu brykietującego zielonki metodą zwijania. Praca doktorska. Akademia Rolnicza w Poznaniu.